

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-270503

(P2000-270503A)

(43) 公開日 平成12年9月29日 (2000.9.29)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 2 K 1/27

識別記号

5 0 1

F I

H 0 2 K 1/27

データベース (参考)

5 0 1 A 5 H 6 1 9

5 0 1 K 5 H 6 2 1

5 0 1 M 5 H 6 2 2

A

19/10

19/10

21/04

21/04

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平11-71707

(22) 出願日

平成11年3月17日 (1999.3.17)

(71) 出願人 000006811

株式会社富士通ゼネラル

神奈川県川崎市高津区末長1116番地

(72) 発明者 村上 正憲

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式

会社富士通ゼネラル内

(72) 発明者 成田 憲治

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式

会社富士通ゼネラル内

(74) 代理人 100083404

弁理士 大原 拓也

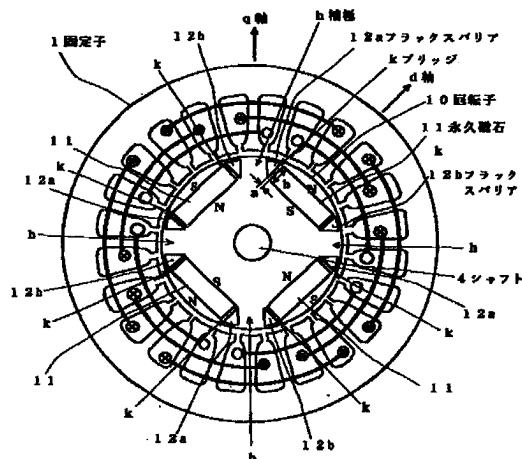
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石電動機

(57) 【要約】

【課題】 永久磁石電動機において、マグネットトルクとリラクタンストルクを併用してモータの高トルク化、低コスト化を図り、機構的強度を図る。

【解決手段】 永久磁石電動機で回転磁界を発生する固定子1の内側の回転子10は、断面を長方形とした永久磁石11をd軸付近に同回転子10の外周に沿って当該極数分だけ等間隔に埋設している。永久磁石11の断面長方形の長辺側をd軸方向とし、かつ同長辺側を磁極として主磁極を形成する一方、固定子1からの磁束のうちの一方のq軸から他方のq軸への磁束の路を確保し、q軸側に補極を形成し、マグネットトルクおよびリラクタンストルクを発生する。主磁極と補極の間で、永久磁石11の両端部と回転子10の外周との間には空気層となる孔 (フラックスバリア) 12a, 12bを形成し、このフラックスバリア12a, 12bと永久磁石11の端部との間にブリッジkを形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転磁界を発生する固定子の内側に回転子を有する永久磁石電動機において、前記回転子には、当該永久磁石をd軸付近に埋設し、該永久磁石を円周方向に等間隔に配置して主磁極を形成し、かつ、隣接する永久磁石を異極とし、前記固定子からの磁束のうち一方のq軸から他方のq軸への磁束の路（磁路）を確保して前記回転子のq軸付近に補極を形成する一方、前記主磁極と補極との間に空気層となる孔あるいは同回転子の外周を部分的に切り欠いた切欠部を形成し、前記永久磁石による磁束の短絡、漏洩を防止してなり、マグネットトルクおよびリラクタンストルクを発生するようにしたことを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項2】 前記永久磁石は、断面形状を長方形とし、該長方形の長辺をd軸方向としてなる請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項3】 前記永久磁石は、断面形状を扇形とし、該扇形の凸側（外側弧）を前記回転子の外周に向け、該扇形の凹側（内側弧）を当該シャフトに向けてなる請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項4】 前記永久磁石は、断面形状を扇形とし、該扇形の凸側（外側弧）を当該シャフトに向け、該扇形の凹側（内側弧）を前記回転子の外周に向けてなる請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項5】 前記永久磁石は、断面形状を蒲鉾形とし、該蒲鉾形の凸側（弧側）を前記回転子の外周に向け、該蒲鉾形の底辺を当該シャフトに向けてなる請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項6】 前記永久磁石は、断面形状を蒲鉾形とし、該蒲鉾形の凸側（外側弧）を当該シャフトに向け、該蒲鉾形の底辺を前記回転子の外周に向けてなる請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項7】 前記永久磁石は、断面形状をバスタブ形とし、該バスタブ形の底部を当該シャフトに向け、該バスタブ形の両端部を前記回転子の外周に向けてなる請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項8】 回転磁界を発生する固定子の内側に回転子を有する永久磁石電動機において、前記回転子には、断面形状を長方形としてなる一対の永久磁石をd軸に対して対称とし、該一対の永久磁石の一端部を当該シャフトに向けて同シャフト側を鈍角となるように埋設し、該一対の永久磁石を円周方向に等間隔に配置して主磁極を形成し、かつ、隣接する一対の永久磁石を異極とし、前記固定子からの磁束のうち一方のq軸から他方のq軸への磁束の路（磁路）を確保して前記回転子のq軸付近に補極を形成する一方、前記主磁極と補極との間に空気層となる孔あるいは同回転子の外周を部分的に切り欠いた切欠部を形成するとともに、前記一対の永久磁石の端部側に空気層となる孔を形成し、前記永久磁石による磁束の短絡、漏洩を防止してなり、マグネットトルクおよび

リラクタンストルクを発生するようにしたことを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項9】 前記主磁極と補極との間に設けた空気層となる孔あるいは切欠部と前記永久磁石の端部との間には、同永久磁石の端部の幅より狭い幅のブリッジを形成してなる請求項1、2、3、4、5、6、7または8に記載の永久磁石電動機。

【請求項10】 前記主磁極の円周方向の幅（あるいは弧度）は、前記補極の円周方向の幅（あるいは弧度）より大きくしてなる請求項1、2、3、4、5、6、7または8に記載の永久磁石電動機。

【請求項11】 前記永久磁石の材質は、フェライト磁石あるいは希土類磁石である請求項1、2、3、4、5、6、7または8に記載の永久磁石電動機。

【請求項12】 前記回転子は、電磁鋼板を自動プレスで打ち抜くとともに、金型内で自動積層し、該自動プレスによって打ち抜いた孔に前記永久磁石を埋設してなる請求項1、2、3、4、5、6、7または8に記載の永久磁石電動機。

20 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、空気調和機や自動車等に用いるモータの永久磁石電動機に係り、特に詳しくは、マグネットトルクとリラクタンストルクを併用する永久磁石電動機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】永久磁石電動機は、例えば図17に示す構成のものがある。この永久磁石は回転磁界を発生する24スロットの固定子1内に回転子2を有しており、この回転子2には当該永久磁石電動機の極数（4極）分だけの永久磁石3が外径に沿って円周方向に等間隔に埋設されている。永久磁石3は、断面が長方形であり、この長方形の側面を回転子2の外周側とシャフト4側に向けて埋設し、しかもその側面側を磁極とするとともに、隣接する永久磁石3を異極としている。

【0003】また、隣接する永久磁石3の端部と回転子2の外周との間には、磁束の短絡漏洩を防止するためのフラックスバリア5が設けられている。このようにして、永久磁石3を埋設した回転子2を用いることにより、マグネットトルクを発生させることができる。

【0004】また、永久磁石電動機の回転子としては、図18に示す構成のものがある。なお、図中、図17と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略する。また、固定子については図17を参照されたい。

【0005】図18において、この回転子6には、断面をほぼ扇形状とした永久磁石7がその凸部である円弧を回転子6の外周に沿って当該永久磁石電動機の極数（4極）分だけ円周方向に等間隔に埋設されている。なお、隣接する永久磁石7は図17と同様に異極としている。上記永久磁石7の磁石使用量は、その形状により図17

に示す永久磁石3よりも多くなるため、マグネットトルクの向上が期待できる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記永久磁石電動機においては、固定子1からの磁束のうち一方のq軸から他方のq軸への磁束の路（磁路；図17および図18の波線矢印参照）の確保が望めないため、リラクタンストルクの発生がほとんど期待できない。

【0007】そこで、図17に示す回転子の場合、永久磁石3とフラックスバリア5の間隔1を広くし、また図18に示す回転子の場合、隣接する永久磁石7の間rを広くし、一方のq軸から他方のq軸への磁路（図17および図18の波線矢印参照）を確保してq軸インダクタンスを大きくしている。すると、リラクタンスマータの突極比に相当するd軸、q軸インダクタンス差が大きくなり、リラクタンストルクが発生し、マグネットトルクと合わせた永久磁石電動機のトルクの向上が期待できる。

【0008】しかし、この場合、上記間隔1、rを広くすると、永久磁石3、7の漏れ磁束が多くなり、マグネットトルクが低下する。その結果、永久磁石のトルクの向上が見込めないという問題点が生じる。

【0009】また、図19に示すように、図18の回転子6の変形したものがある。この回転子8には、断面をほぼ扇形状とした永久磁石9がその凸部である円弧をシャフト4に向けて当該永久磁石電動機の極数（4極）分だけ外周に沿って円周方向に等間隔に埋設されている。なお、隣接する永久磁石7は図17と同様に異極としている。

【0010】この場合、隣接する永久磁石9の間をある程度広くすることができることから、一方のq軸から他方のq軸への磁路を確保することができる（図19の波線矢印参照）。これにより、q軸インダクタンスが大きくなり、リラクタンストルクの発生が期待できる。

【0011】しかし、永久磁石9の磁束漏洩を少なくするためには、回転子8と永久磁石9の端部との間sを狭くする必要があり、コア強度としては曲げ強さが要求されるため、その間隔sを狭くすると、永久磁石9に働く円心力に抗して同永久磁石9を支持するコア強度が低下するという機構的問題が生じ、特に高速回転時には、回転子8の機構に不具合が生じ、信頼性の問題ともなる。

【0012】このように、従来の回転子にあっては、リラクタンスの発生（つまりトルクの向上）、埋設する永久磁石の磁束漏洩防止および永久磁石の保持機構のうちの何れかに欠点を有しているため、それら全てを満足させることができず、高トルク化、高効率化や機構的強度の何れかが損なわれるものであった。

【0013】本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、その目的は、マグネットトルクとリラクタンスト

ルクを併用して高トルク化、高効率化を図り、機構的強度の向上、ひいては信頼性の向上を図ることができるようにした永久磁石電動機を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、回転磁界を発生する固定子の内側に回転子を有する永久磁石電動機において、前記回転子には、当該永久磁石をd軸付近に埋設し、該永久磁石を円周方向に等間隔に配置して主磁極を形成し、かつ隣接する永久磁石を異極とし、前記固定子からの磁束のうち一方のq軸から他方のq軸への磁束の路（磁路）を確保して前記回転子のq軸付近に補極を形成する一方、前記主磁極と補極との間に空気層となる孔あるいは同回転子の外周を部分的に切り欠いた切欠部を形成し、前記永久磁石による磁束の短絡、漏洩を防止してなり、マグネットトルクおよびリラクタンストルクを発生するようにしたことを特徴としている。

【0015】前記永久磁石は、断面形状を長方形とし、該長方形の長辺をd軸方向としてなるとよい。これにより、回転子内には固定子からの磁束のうち一方のq軸から他方のq軸への磁束の路（磁路）が確実に確保され、q軸付近に補極を形成してリラクタンストルクを発生させることができる。

【0016】前記永久磁石は、断面形状を扇形とし、該扇形の凸側（外側弧）を前記回転子の外周に向け、該扇形の凹側（内側弧）を当該シャフトに向けてなるとよい。また、前記永久磁石は、断面形状を扇形とし、該扇形の凸側（外側弧）を当該シャフトに向け、該扇形の凹側（内側弧）を前記回転子の外周に向けてなるとよい。これにより、断面形状を長方形とした永久磁石よりも磁石使用量を多くすることが可能となり、マグネットトルクの向上が期待できる。

【0017】前記永久磁石は、断面形状を蒲鉾形とし、該蒲鉾形の凸側（弧側）を前記回転子の外周に向け、該蒲鉾形の底辺を当該シャフトに向けてなるとよい。また、前記永久磁石は、断面形状を蒲鉾形とし、該蒲鉾形の凸側（外側弧）を当該シャフトに向け、該蒲鉾形の底辺を前記回転子の外周に向けてなるとよい。これにより、断面形状を扇形とした永久磁石よりも磁石使用量を多くすることが可能となり、マグネットトルクの向上が期待できる。

【0018】前記永久磁石は、断面形状をバスタブ形とし、該バスタブ形の底部を当該シャフトに向け、該バスタブ形の両側部を前記回転子の外周に向けてなるとよい。そのバスタブ形の両側部をq軸に平行とすることにより、永久磁石の磁石使用量を多くすることができ、マグネットトルクがより大きくなる一方、一方のq軸から他方のq軸への磁路が確保され、リラクタンストルクの向上が期待できる。

【0019】本発明は、回転磁界を発生する固定子の内

側に回転子を有する永久磁石電動機において、前記回転子には、断面形状を長方形としてなる一対の永久磁石をd軸に対して対称とし、該一対の永久磁石の一端部を当該シャフトに向けて同シャフト側を鈍角となるように埋設し、該一対の永久磁石を円周方向に等間隔に配置して主磁極を形成し、かつ、隣接する一対の永久磁石を異極とし、前記固定子からの磁束のうち一方のq軸から他方のq軸への磁束の路（磁路）を確保して前記回転子のq軸付近に補極を形成する一方、前記主磁極と補極との間に空気層となる孔あるいは同回転子の外周を部分的に切り欠いた切欠部を形成するとともに、前記一対の永久磁石の端部側に空気層となる孔を形成し、前記永久磁石による磁束の短絡、漏洩を防止してなり、マグネットトルクおよびリラクタンストルクを発生するようにしたことを特徴としている。

【0020】前記主磁極と補極との間に設けた空気層となる孔あるいは切欠部と前記永久磁石の端部との間には、同永久磁石の端部の幅より狭い幅のブリッジを形成してなるとよい。そのブリッジの幅が狭いことから、永久磁石の磁束漏れが適格に防止され、そのブリッジの長さにより永久磁石の端面の全てが支持され、つまり支持強度が高いものとなる。

【0021】前記主磁極の円周方向の幅（あるいは弧度）は、前記補極の円周方向の幅（あるいは弧度）より大きくしてなるとよい。これにより、マグネットトルクを主体とし、リラクタンストルクを補助的なものとするにより、モータの高トルク化、高効率化が容易となる。

【0022】前記永久磁石の材質は、フェライト磁石あるいは希土類磁石であるとよい。これにより、例えばコストを優先させる場合にはフェライト磁石を用い、小型化や高トルクを優先させる場合には希土類磁石を用いると、用途に応じたモータが可能となる。

【0023】前記回転子は、電磁鋼板を自動プレスで打ち抜くとともに、金型内で自動積層し、該自動プレスによって打ち抜いた孔に前記永久磁石を埋設してなるとよい。これにより、既に公知の自動積層方式を採用することができ、モータ製造の低コスト化が可能となる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図1ないし図16を参照して詳しく説明する。なお、図中、図17と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0025】図1および図2において、本発明の第1の実施例を示す三相四極の永久磁石電動機の回転子10は、d軸付近に断面形状を長方形とした永久磁石11を同回転子10の外周に沿って当該極数（四極）分だけ等間隔とし、しかもそれら永久磁石11の断面長方形の長辺をシャフト4に向けて埋設し、この長辺側を磁極とし、隣接する永久磁石を異極としている。

【0026】永久磁石11の断面形状は長方形であり、その長方形の長辺が従来（図6参照）と比較して短くなっており、前記固定子1からの磁束のうち一方のq軸から他方のq軸へ磁束の路（磁路）を確保し（図1の波線矢印参照）、永久磁石11の磁極（主磁極）に対してリラクタンスマータの突極部に相当する補極hを形成している。なお、主磁極の円周方向の幅は、補極hの円周方向の幅より大きく取り、つまり永久磁石11の円周方向の弧度は、同永久磁石11の存在しない部分の円周方向の弧度より大きくする。

【0027】永久磁石11の断面長方形の短辺は、従来（図6参照）より長く、永久磁石11の磁石使用量をできるだけ減らないようにしている。なお、永久磁石11の断面長方形の短辺は、固定子1からの磁束のうち一方のq軸から他方のq軸への磁束を妨げない程度の長さとする。

【0028】回転子10には、永久磁石11の断面長方形の両短辺側と外周との間にほぼ三角形のフラックスバリア（孔）12a、12bが形成されている。この空気層のフラックスバリア12a、12bは永久磁石11による磁束の短絡、漏洩を防止し、つまりマグネットトルクの発生への寄与を大きくする。

【0029】なお、フラックスバリア12a、12bの外周側辺は回転子10の外周に沿った円弧形状とし、他の辺の1つはq軸に平行とし、残りの辺は永久磁石11の端面に平行とする。また、フラックスバリア12a、12bの大きさは一方のq軸から他方のq軸への磁路幅ができるだけ広く確保できる程度とするよい。

【0030】永久磁石11の断面長方形の短辺とフラックスバリア12a、12bとの間には、永久磁石11の端部の幅bより狭い幅とした（この場合、回転子10の円周方向成分より半径方向成分の多い幅とした）ブリッジkが形成される。

【0031】なお、回転子10の外周と永久磁石11との間、永久磁石11とフラックスバリア12a、12bとの間a、回転子10の外周とフラックスバリア12a、12bとの間は、例えば後述するコアシート10aの厚さt以上とする。これにより、後述するコア製造時にバリ等の発生がなく、コア製造の歩留まりを向上させ、製造コストの低下が可能となり、また、コアの機械的強度を保つこともできる。

【0032】上記構成とした回転子10によると、隣接する永久磁石11の間隔は従来より広く、つまり固定子1からの磁束のうち一方のq軸から他方のq軸への磁束の路（磁路）が広く、その磁束が通り易い（図1の波線矢印参照）。これは、リラクタンスマータの突極部に相当する補極hの幅（回転子10の中心に対しての弧度）を大きくし、その磁路の磁気抵抗を小さくしてq軸インダクタンスLqを大きくすることになる。

【0033】また、永久磁石11は、透磁率が悪くフラ

ックスバリアとして働き、この永久磁石11は、一方のd軸から他方のd軸への磁束に対してほぼ直角に介在するため、その磁束が通りにくくなる。これは、その磁路の磁気抵抗を大きくし、d軸インダクタンス L_d を小さくすることになる。したがって、リラクタンスマータの突極比に相当するd軸、q軸インダクタンス差($L_d - L_q$)が大きくなり、リラクタンストルクが発生し、しかも大きなリラクタンストルクを発生させることができる。

【0034】一方、永久磁石11によるマグネットトルクについて、その磁石使用量が従来の永久磁石電動機より少なくなる可能性や、マグネットトルクが小さくなる可能性がある。しかし、上述したように、永久磁石11の断面長方形の短辺側をある程度長くすれば、磁石使用量を増やすことができ、また、フラックスバリア12a、12bによって磁束漏れを防止してその少ない分を補うこともできる。

【0035】このように、上述したリラクタンストルクを補助的トルクとし、主のマグネットトルクを補うことから、当該永久磁石電動機のトルク、つまりマグネットトルクとリラクタンストルクを併用した合成トルクは従来と変わらず、あるいはそれ以上とすることも可能であり、高トルク化、高効率化を実現することができる。

【0036】また、永久磁石11とフラックスバリア12a、12bの間のブリッジkは、回転子10の半径方向に長く、回転時に永久磁石11の端面がブリッジkの全体にかかる。したがって、永久磁石11を十分に支持することができ、つまりコアの機構的強度が高く、特に高速回転にも耐えることができる。

【0037】さらに、永久磁石11の材料として、フェライト磁石や希土類磁石を用いる。フェライト磁石を用いた場合は、モータの低コスト化に有効であり、希土類磁石を用いた場合はモータの高トルク化、小型化に有効となる。したがって、コストやトルク等を勘案して種々適応的なモータを得ることができる。

【0038】ここで、回転子10の製造について説明すると、コアプレス金型を用いて自動プレスで電磁鋼板を打ち抜き、金型内で一体的に形成するコア積層方式(自動積層方式)を採用する。図3に示すように、このプレス加工工程では、回転子10のコアを打ち抜くが、シャフト4の孔(中心孔)4a、永久磁石11を埋設する孔、フラックスバリア12a、12bの孔を打ち抜き、これらを打ち抜いたコアシート10aを積層してかしめ、固定する。なお、図3は図2のd軸方向の概略的断面図である。

【0039】上記自動積層方式によって自動的にプレス、積層して得た回転子10のコアの孔にIPM方式で永久磁石11を埋め込む。なお、永久磁石11はd軸方向と平行に磁化、着磁し、かつ隣接する永久磁石11の磁極は逆とする。

【0040】このように、永久磁石11の着磁を平行とすることにより、永久磁石11を高精度で製造することができる。つまり、着磁を高精度で行うことができ、製造上の歩留まりもよい。

【0041】なお、図示しないが、永久磁石11がコア内で移動したり、コアを飛び出さないように、上記かしめ、固定においては積層したコアの両端側に蓋(端子板)を添えるとともに、かしめ用のリベットを通す。この場合、コアのかしめとしては、リベットを通すだけでなく、コアシート10aのプレス加工積層時にも形成することができ、コアの固定強度を増加させることができる。

【0042】このように、リラクタンストルクを発生させることができ、また永久磁石11の磁束漏洩を防止することができ、さらにコア機構強度の向上を図ることができる。また、大きいリラクタンストルクの発生および永久磁石11の磁束漏れ防止によるマグネットトルクの向上により、つまりマグネットトルクとリラクタンストルクを併用して高トルク、高効率のモータが実現できる。したがって、高トルク化、高効率化を図り、機構的強度の向上の何れも満足させることができる。

【0043】さらに、上記高トルク、高効率のモータを例えば空気調和機の圧縮機モータ等として利用すれば、空気調和機の低コスト化、空気調和機の運転効率の向上を図ることができる。なお、固定子1については、例えば外径側の巻線をU相、内径側の巻線をW相、その中間の巻線をV相としている。また、24スロットの固定子1には三相(U相、V相およびW相)の電機子巻線が施されているが、スロット数や電機子巻線が異なっているもよい。

【0044】図4は、第1の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1および図2と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0045】図4において、この回転子15は、第1の実施例のフラックスバリア12a、12bの代わりにコアの外周を部分的に切り欠いて切欠部(空気層のフラックスバリア)16a、16bを形成してなる。

【0046】切欠部16a、16bは、フラックスバリア12a、12bを回転子10の外周まで延ばした形状であり、シャフト4の軸方向に切り取ってなる。したがって、永久磁石11の磁束漏れがより少なくなり、マグネットトルクの発生により寄与することになる。

【0047】なお、コア機構強度の面については、ブリッジkが前実施例と同様に機能することから、その強度に何等影響を及ぼすこともなく、つまり機構強度が高い。また、リラクタンストルクの発生についても、前実施例と同様に発生することは明かである。

【0048】さらに、上記構成とした回転子15を製造

する場合、前実施例と同じく、コア積層方式（自動積層方式）を適用し、プレス加工工程において回転子15のコアを打ち抜く際、シャフト4の孔と、永久磁石11を埋設する孔と、切欠部16a、16bとを打ち抜き、これらを打ち抜いたコアシート10aを積層してかしめ、固定する。

【0049】図5は本発明の第2の実施例を示す回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1および図2と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0050】図5において、この回転子20は第1の実施例に示した永久磁石11に代えて断面形状を扇形とした永久磁石21を用い、この永久磁石21の凹側（断面扇形状の内側弧）をシャフト4に向け、凸側を回転子20の外周に向けて埋設している。なお、永久磁石21の凸側は回転子20の外周に沿った形状であり、その間隔は前実施例同様にコアシート10aの厚さt以上とする。

【0051】また、回転子20には、永久磁石21の断面扇形状の両短辺側と外周との間にはほぼ三角形のフラックスバリア22a、22bが形成されている。このフラックスバリア22a、22bは第1の実施例と同様の目的で形成されている。なお、フラックスバリア22a、22bの形状については、重複することからその説明を省略する。

【0052】このことから、この実施例においては、第1の実施例と同様の効果を奏するが、永久磁石21の断面形状を扇形としていることから、第1の実施例の永久磁石11よりも使用磁石量が多くなるため、マグネットトルクを大きくすることができる。また、リラクタンストルクについては、第1の実施例と同様に発生する。

【0053】図6は、第2の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1、図2、図4および図5と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0054】図6において、この回転子25は、第1の実施例の変形例と同じ目的のために、第2の実施例のフラックスバリア22a、22bの代わりにコアの外周を部分的に切り欠いて切欠部（空気層のフラックスバリア）26a、26bを形成してなる。なお、切欠部26a、26bについて、第1の実施例の変形例と同じ説明になることから、その説明を省略する。

【0055】図7は、本発明の第3の実施例を示す回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1および図2と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0056】図7において、この回転子30は第2の実施例の永久磁石21を逆形状とした永久磁石31を用い、この永久磁石31の凸側（断面扇形状の外側弧）を

シャフト4に向け、その凹側を回転子30の外周に向けて埋設している。なお、永久磁石31の凸側頂点とシャフト4との間はできるだけ広くし、つまり一方のq軸から他方のq軸への磁路を確実に確保し、その凹側の端部と回転子30の外周囲との間は前実施例同様にコアシート10aの厚さt以上とする。また、永久磁石31の断面扇形状の両短辺側と外周との間には、第2の実施例と同様のフラックスバリア32a、32bが形成されている。

10 【0057】このことから、この実施例においては、第2の実施例と同様の効果を奏する他に、永久磁石31の断面扇形状の凸側をシャフト4に向けていることから、例えば扇形状の曲率半径を変えることにより、永久磁石31の磁石使用量を第2の実施例の永久磁石21よりも多くすることができ、つまりマグネットトルクを大きくすることができる。また、リラクタンストルクについては、永久磁石21の外側子弧が一方のq軸から他方のq軸への磁路を阻害することもないことから、第1の実施例と同様に発生する。

20 【0058】図8は、第3の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1、図2、図4および図7と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0059】図8において、この回転子35は、第1の実施例の変形例と同じ目的のために、第3の実施例のフラックスバリア32a、32bの代わりにコアの外周を部分的に切り欠いて切欠部（フラックスバリア）36a、36bを形成してなる。なお、切欠部36a、36bについて、第2の実施例の変形例と同じ説明になることから、その説明を省略する。

【0060】図9は、本発明の第4の実施例を示す回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1および図2と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0061】図9において、この回転子40は第1の実施例に示した永久磁石11に代えて断面形状を蒲鉾形とした永久磁石41を用い、この永久磁石41の凸側（断面蒲鉾形状の弧側）を回転子40の外周に向け、その底辺側をシャフト4に向けて埋設している。なお、永久磁石41の凸側は回転子40の外周に沿った形状であり、その凸側の端部と回転子30との間は前実施例同様にコアシート10aの厚さt以上とする。

【0062】また、回転子40には、永久磁石41の断面蒲鉾形状の両側辺と外周との間にはほぼ三角形のフラックスバリア42a、42bが形成されている。このフラックスバリア42a、42bは、第1の実施例と同様の目的で形成されている。なお、フラックスバリア42a、42bの形状については、第1の実施例と重複することからその説明を省略する。

【0063】このことから、この実施例においては、第1の実施例と同様の効果を奏する他に、永久磁石41の断面蒲鉾形状の凸側が回転子40の外周に沿っていることから、第1の実施例の永久磁石11よりも使用磁石量が多くなり、つまりマグネットトルクを大きくすることができる。また、リラクタンストルクについては、第1の実施例と同様に発生する。

【0064】図10は、第4の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1、図2、図4および図9と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0065】図10において、この回転子45は、第1の実施例の変形例と同じ目的のために、第4の実施例のフラックスバリア42a、42bの代わりにコアの外周を部分的に切り欠いて切欠部（フラックスバリア）46a、46bを形成してなる。なお、切欠部46a、46bについて、第1の実施例の変形例と同じ説明になることから、その説明を省略する。

【0066】図11は、本発明の第5の実施例を示す回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1および図2と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0067】図11において、この回転子50は、第4の実施例に示した永久磁石41を逆形状とした永久磁石51を用い、この永久磁石51の凸側（断面蒲鉾形状の弧側）をシャフト4に向け、その底辺を回転子50の外周に向けて埋設している。なお、永久磁石50の凸側頂点とシャフト4との間はできるだけ広くし、つまり一方のq軸から他方のq軸への磁路を確実に確保し、その底辺の端部と回転子50の外周との間は前実施例同様にコアシート10aの厚さt以上とする。また、永久磁石51両端と回転子50の外周との間には、第4の実施例と同様のフラックスバリア52a、52bがされている。

【0068】このことから、この実施例においては、第4の実施例と同様の効果を奏する他に、永久磁石51の断面蒲鉾形状の凸側をシャフト4に向けていることから、第4の実施例の永久磁石41よりも使用磁石量が多くなり、つまりマグネットトルクを大きくすることができる。また、リラクタンストルクについては、永久磁石41の蒲鉾形の円弧が一方のq軸から他方のq軸への磁路を阻害することもないことから、第1の実施例と同様に発生する。

【0069】図12は、第5の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1、図2、図4および図11と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0070】図12において、この回転子55は、第1の実施例の変形例と同じ目的のために、第5の実施例の

フラックスバリア52a、52bの代わりにコアの外周を部分的に切り欠いて切欠部（空気層のフラックスバリア）56a、56bを形成してなる。なお、切欠部56a、56bについて、第1の実施例の変形例と同じ説明になることから、その説明を省略する。

【0071】図13は、本発明の第6の実施例を示す回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1および図2と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0072】図13において、この回転子60は、第1の実施例に示した永久磁石11に代えて断面形状をバスタブ形とした永久磁石61を用い、この永久磁石61の底辺側（断面バスタブ形状の底辺）をシャフト4に向け、その両端側を回転子60の外周に向けて埋設している。

【0073】なお、バスタブ形とは台形の底辺を省いた上辺および両側面に沿った形であり、その上辺および両側面を肉厚としたものである。このとき、その両側面はq軸に平行にするとよく、永久磁石61の凸側頂点とシャフト4との間はできるだけ広くし、つまり一方のq軸から他方のq軸への磁路を確実に確保し、その底辺の端部と回転子60の外周との間は前実施例同様にコアシート10aの厚さt以上とする。

【0074】回転子60には、永久磁石61の断面バスタブ形状の両端側と外周との間にはほぼ三角形のフラックスバリア62a、62bが形成されている。この場合、断面バスタブ形状の両端部の角をカットし、このカットした箇所併せてフラックスバリア62a、62bを形成する。このフラックスバリア62a、62bは第1の実施例と同様の目的で形成されている。なお、フラックスバリア62a、62bの形状については、第1の実施例と重複することからその説明を省略する。

【0075】このことから、この実施例においては、第1の実施例と同様の効果を奏するが、永久磁石60の断面バスタブ形状とし、その底辺をシャフト4に向けていることから、第1の実施例の永久磁石11よりも使用磁石量が多くなり、つまりマグネットトルクを大きくすることができる。また、リラクタンストルクについては、第1の実施例と同様に発生する。

【0076】図14は、第6の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1、図2、図4および図13と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0077】図14において、この回転子65は、第1の実施例の変形例と同じ目的のために、第6の実施例のフラックスバリア62a、62bの代わりにコアの外周を部分的に切り欠いて切欠部（フラックスバリア）66a、66bを形成してなる。なお、切欠部66a、66bについて、第1の実施例の変形例と同じ説明になるこ

とから、その説明を省略する。

【0078】図15は、本発明の第7の実施例を示す回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1および図2と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0079】図15において、この回転子70は、第1の実施例に示した永久磁石11に代えて断面形状を長方形とした永久磁石71a、71bを用い、この一对の永久磁石71a、71bをシャフト4に向け、かつ永久磁石71a、71bをd軸に対して対称で斜めとし（ハの字とし）、それらの端のなす角を鈍角として埋設している。なお、永久磁石71a、71bの他端部と回転子6の外周との間は前実施例同様にコアシート10aの厚さt以上とする。

【0080】回転子60には、永久磁石71a、71bの一端部側と外周との間にはほぼ三角形形状のフラックスバリア72a、72bが形成されている。このフラックスバリア72a、72bは第1の実施例と同様の目的で形成されている。なお、フラックスバリア72a、72bの形状については、第1の実施例と重複することからその説明を省略する。

【0081】また、永久磁石71a、71bの他端部（シャフト4側の端部）の間には、ほぼ三角形のフラックスバリア72cが形成されている。このフラックスバリア72cの辺は永久磁石71a、71bの端面に平行とし、かつ、所定間隔とし、その残りの辺とシャフト4との間を、一方のq軸から他方のq軸への磁路を確保するように、できるだけ広くする。

【0082】この実施例においては、第1の実施例と同様の効果を奏する他に、一对の永久磁石71a、71bを当該極数分だけ埋設することから、つまり主磁極の磁石量を分割していることから、コアの負担が軽減され、信頼性の向上を図ることができる。また、一对の永久磁石71a、71bを一方のq軸から他方のq軸への磁路に沿って配置することができ、リラクタンストルクの発生により寄与できるといった効果がある。さらに、磁石使用量の増加が見込めることから、マグネットトルクの向上も期待できる。

【0083】図16は、第7の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図である。なお、図中、図1、図2、図4および図15と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略し、また固定子1については図1を参照されたい。

【0084】図16において、この回転子65は、第1の実施例の変形例と同じ目的のために、第6の実施例のフラックスバリア62a、62bの代わりにコアの外周を部分的に切り欠いて切欠部（フラックスバリア）66a、66bを形成してなる。なお、切欠部66a、66bについて、第1の実施例の変形例と同じ説明になることから、その説明を省略する。

【0085】したがって、上述した第2ないし第7の実施例にあつては、少なくとも第1の実施例と同じ効果を奏することは明かである。また、上記構成とした回転子20、30、40、50、60、70を製造する場合、第1の実施例と同じく、コア積層方式（自動積層方式）を適用し、プレス加工工程において回転子20、30、40、50、60、70のコアを打ち抜く際、シャフト4の孔と、永久磁石21、31、41、51、61、71a、71bを埋設する孔と、フラックスバリア22a、22b、32a、32b、42a、42b、52a、52b、62a、62b、72a、72b、72cとを打ち抜き、これらを打ち抜いたコアシート10aを積層してかしめ、固定する。

【0086】上述した第2ないし第7の実施例の変形例にあつては、少なくとも第1の実施例の変形例と同じ効果を奏することは明かである。また、上記構成とした回転子25、35、45、55、65、75を製造する場合、第1の実施例の変形例と同じく、コア積層方式（自動積層方式）を適用し、プレス加工工程において回転子25、35、45、55、65、75のコアを打ち抜く際、シャフト4の孔と、永久磁石21、31、41、51、61、71a、71bを埋設する孔と、切欠部26a、26b、36a、36b、46a、46b、56a、56b、66a、66b、76a、76b、72cとを打ち抜き、これらを打ち抜いたコアシート10aを積層してかしめ、固定する。

【0087】

【発明の効果】以上説明した本発明によると、以下に述べる効果を奏する。本発明は、当該永久磁石電動機の回転子に永久磁石をd軸付近に埋設して主磁極を形成し、その固定子からの磁束のうち一方のq軸から他方のq軸への磁束の路（磁路）を確保してq軸付近に補極hを形成し、リラクタンストルクを確実に発生することができ、主磁極の永久磁石によってマグネットトルクを発生させることができ、このマグネットトルクとリラクタンストルクを併用してモータの高トルク化、高効率化を図ることができるという効果がある。

【0088】また、上記主磁極と補極の間において、永久磁石の両端部と回転子の外周側との間に空気層となる孔あるいは切欠部（いわゆるフラックスバリア）を形成し、永久磁石の両端部と空気層の孔あるいは切欠部との間にブリッジkを形成し、このブリッジの幅aを永久磁石の端部幅bをより狭くしていることから、上記永久磁石の磁束の短絡、漏洩を防止することができ、ひいてはマグネットトルクの向上に寄与することができる。しかも、ブリッジkの長さbは、その幅aより長いことから、永久磁石の支持強度が大きく、機械的強度の向上、ひいては信頼性の向上を図ることができ、特に高速回転時にも耐える強度を得ることができるという効果がある。

15

【0089】さらに、上記主磁極を一对の永久磁石で構成し、この一对の永久磁石をシャフトに向けてd軸を対称にハの字形状に埋設していることから、一方のq軸から他方のq軸への磁路を確保してリラクタンストルクを発生し、主磁極の磁石量を分割していることから、コアの負担が軽減され、信頼性の向上を図ることができる。また、磁石使用量の増加が可能であるためにマグネットトルクの向上が図れ、ひいては高トルク、高効率化が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示す永久磁石電動機の概略的平面図。

【図2】図1に示す永久磁石電動機を説明するための回転子の概略的平面図。

【図3】図1に示す永久磁石電動機を説明するための回転子の概略的断面図。

【図4】本発明の第1の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図5】本発明の第2の実施の形態を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図6】本発明の第2の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図7】本発明の第3の実施の形態を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図8】本発明の第3の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

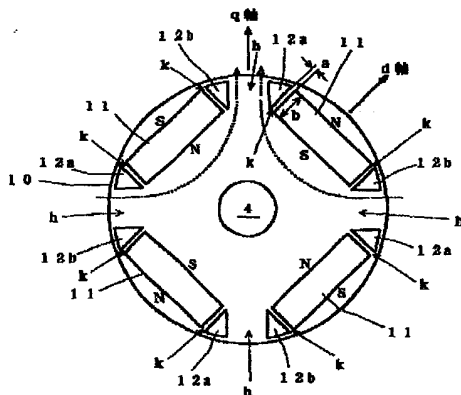
【図9】本発明の第4の実施の形態を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図10】本発明の第4の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図11】本発明の第5の実施の形態を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図12】本発明の第5の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図2】



16

【図13】本発明の第6の実施の形態を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図14】本発明の第6の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図15】本発明の第7の実施の形態を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図16】本発明の第7の実施例の変形例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図17】従来の永久磁石電動機の概略的平面図。

10 【図18】従来の永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【図19】従来の永久磁石電動機の回転子の概略的平面図。

【符号の説明】

1 固定子

4 シャフト

4a 中心孔(シャフト4の孔)

10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 回転子

20 10a コアシート

11, 21, 31, 41, 51, 61, 71a, 71b 永久磁石

22a, 22b, 32a, 32b, 42a, 42b, 52a, 52b, 62a, 62b, 72a, 72b, 72c

c フラックスバリア(空気層)

26a, 26b, 36a, 36b, 46a, 46b, 56a, 56b, 66a, 66b, 76a, 76b 切欠部(フラックスバリア; 空気層)

a ブリッジkの幅

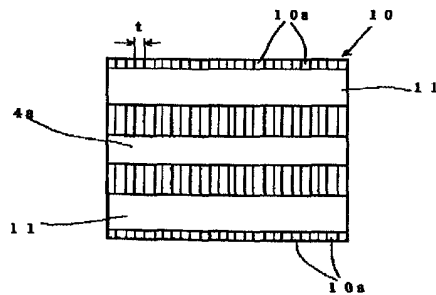
30 b ブリッジkの長さ

h 補極

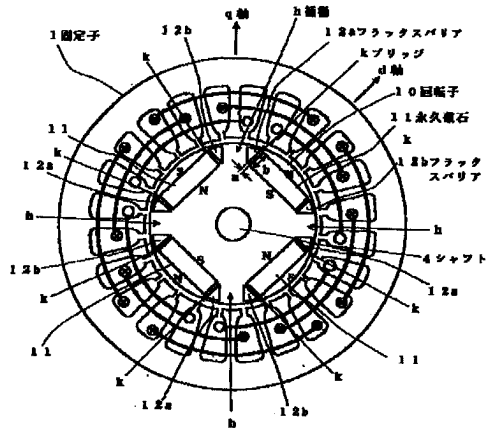
k ブリッジ

t コアシートの厚さ

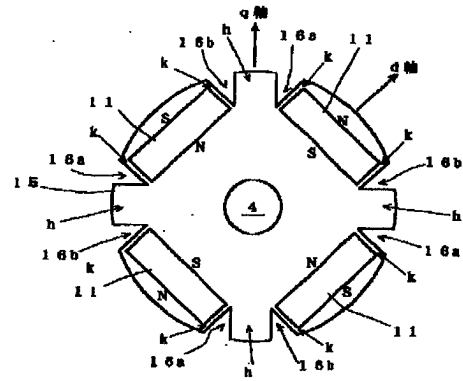
【図3】



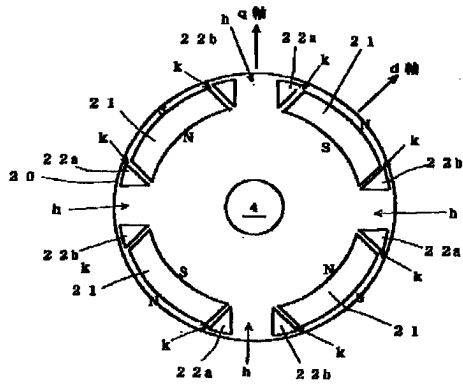
【図1】



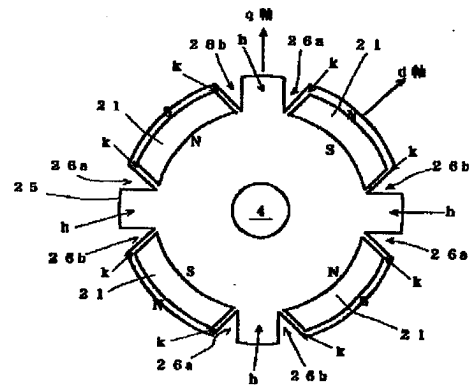
【図4】



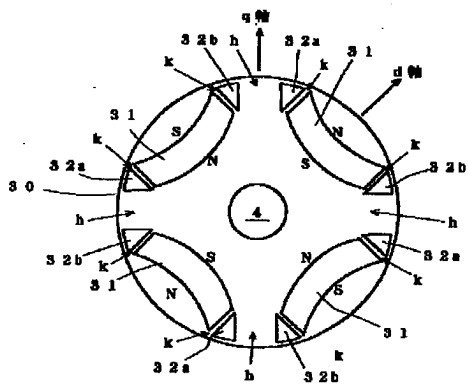
【図5】



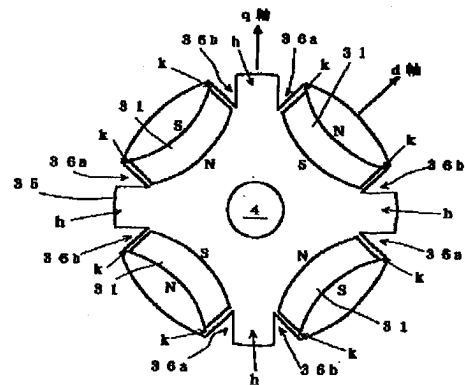
【図6】



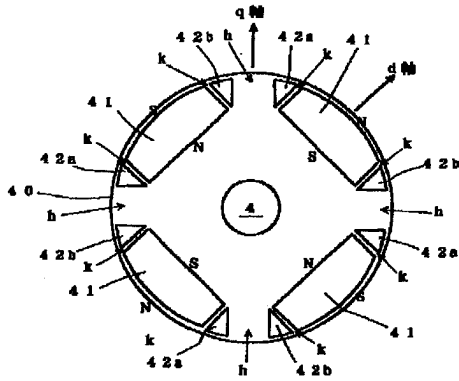
【図7】



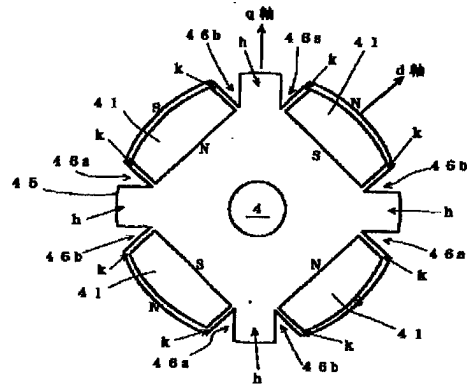
【図8】



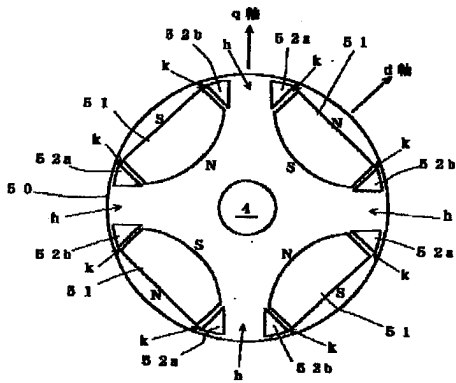
【図9】



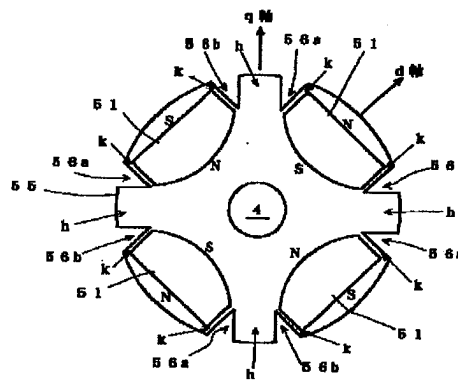
【図10】



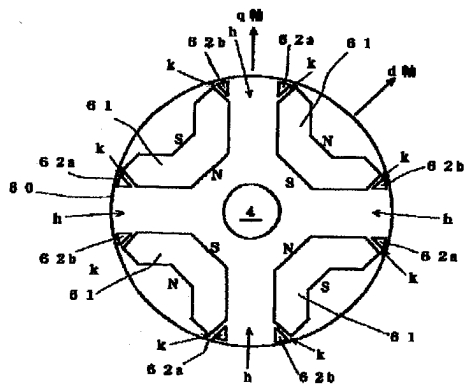
【図11】



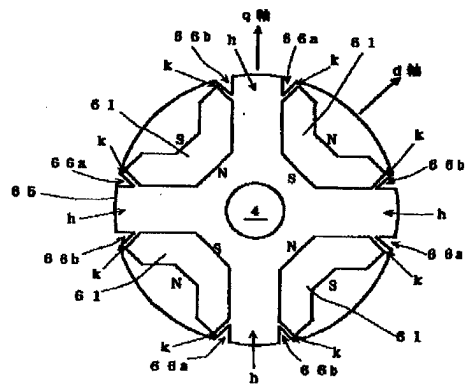
【図12】



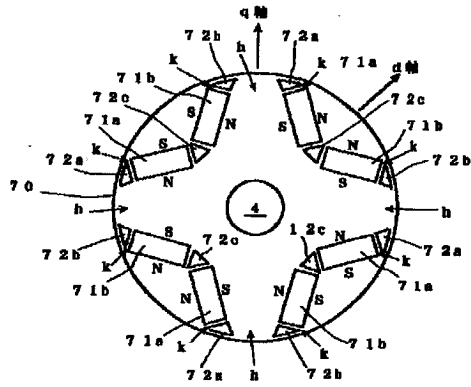
【図13】



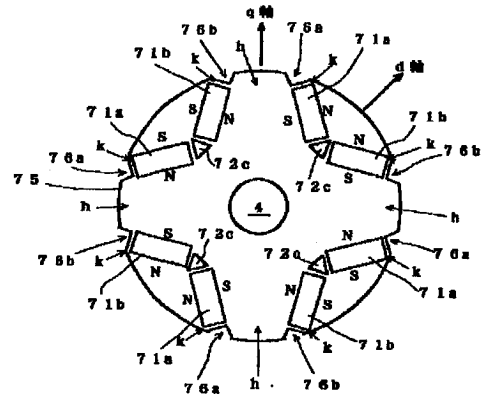
【図14】



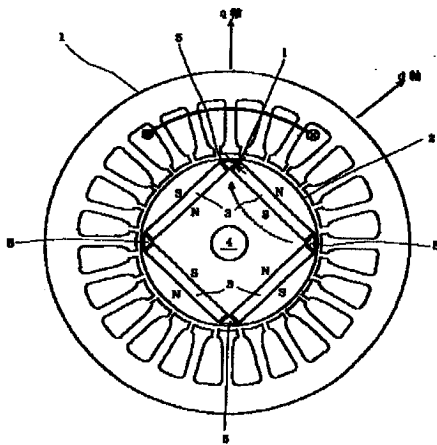
【図15】



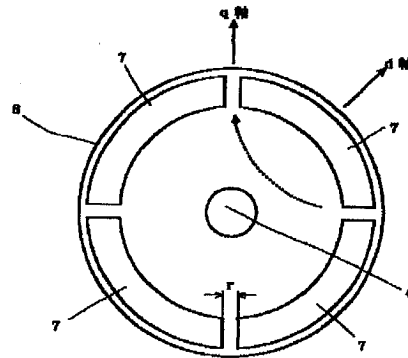
【図16】



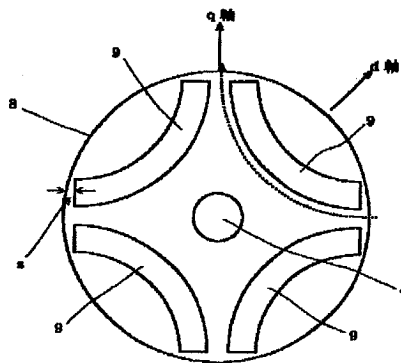
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H619 AA01 BB01 BB06 BB13 BB15
BB22 BB24 PP02 PP06 PP08
5H621 AA03 BB07 GA01 GA04 HH09
JK02 JK05
5H622 AA03 CA02 CA07 CA10 CA13
CB01 CB04 CB05 DD01 DD02
PP03 PP10 PP11 QB02 QB05

CLIPPEDIMAGE= JP02000270503A

PAT-NO: JP02000270503A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000270503 A

TITLE: PERMANENT MAGNET MOTOR

PUBN-DATE: September 29, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MURAKAMI, MASANORI

NARITA, KENJI

COUNTRY

N/A

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

FUJITSU GENERAL LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP11071707

APPL-DATE: March 17, 1999

INT-CL (IPC): H02K001/27;H02K019/10 ;H02K021/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a permanent magnet motor with high torque, and good mechanical strength at a low cost by using both magnetic torque and reluctance torque.

SOLUTION: A rotor 10 inside a stator 1 for generating a rotating field has a permanent magnet 11 with a rectangular cross section. The permanent magnets 11 with the same number as the number of polarity at intervals near a d-axis are provided along an outer circumference of the rotor 10. The longer side of the rectangular cross section of the permanent magnet 11 is put in the d-axis direction, and the longer side has polarity to form the main polarity. A magnetic flux path from one q-axis to another q-axis for

the magnetic flux from the stator 1 is secured, and auxiliary polarity is formed on the q-axis side to generate magnetic torque and reluctance torque. Then, holes 12a and 12b (flux barrier) as an air layer between both edges of the permanent magnet 1 and an outer circumference of the rotor 10 are formed between the main polarity and the auxiliary polarity, and a bridge (k) is formed between the flux barriers 12a and 12b and the edge of the permanent magnet 11.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO